

長良川における砂州掘削後の地形変化に関する研究

岐阜大学 学生会員 北野 陽資
岐阜大学 正会員 原田 守啓

1. 背景と目的

近年増加する豪雨災害を受けて全国の河川において河道の流下能力の向上を目的とした河道掘削や樹木伐採が行われている。既往研究¹⁾により、扇状地・谷底平野部の砂州河道においては、砂州が掘削されることで砂州波高が減少し、それに伴い瀬淵といった特徴的な地形の生態的機能が低下することが示唆されている。さらに、河床を形成する土砂の粒径が比較的大きいセグメント1区間においては掘削直後の河床形状が長期間残存することが想定される。そのため、河道掘削を行う際には環境への影響が少ない掘削形状を設定すべきである。

ここで、砂州掘削後に掘削地にはどのような地形の変化が生じるか、またその地形変化が数値計算により予測可能であるかが明らかになれば、実際に掘削を行う前に計算によってより良い掘削形状を模索することが可能になると考えた。以上のことから本研究では、長良川扇状地区間の河道掘削地において砂州掘削後に生じる地形、瀬淵の変化について調査・分析することを目的とし、掘削地における掘削後の経年的なモニタリング調査と iRICNays2DH を用いた平面二次元流況解析・河床変動解析による再現計算を行うこととする。

2. 手法

2.1 調査対象地の設定

調査地については長良川の扇状地区間である大縄場大橋下流部(49kp 付近)、金華橋下流部(51.5kp 付近)を調査地とした。この2地点はもともと瀬淵があり、砂州の掘削が行われている地点でもある。そのため、掘削地についての調査・分析とともに河道掘削が瀬淵に与える影響についても調査・分析を行うことができると考えた。

2.2 現地調査

選定した調査地において現地調査として UAV 空中写真撮影、VRS 測量、河床材料のサンプリングを行った。UAV 空中写真撮影については調査地の地形変化を把握するために航空写真のオルソ画像データを画像解析ソフトウェアにより作成し、QGIS 上にまとめる。令和4年度には6/23, 8/8, 10/4, 11/18の4度撮影を行っている。また、VRS 測量については掘削地付近の淵を除いた部分において座標の計測を行った。河床材料のサンプリングについては瀬頭から瀬尻にかけて3箇所サンプリングを行い、同様の作業を3測線行った。

2.2 モニタリング調査

掘削地における掘削後の地形変化を明らかにするために、実際に行われた掘削工事について工事図面を QGIS 上でまとめることで掘削された地点やどの程度の掘削が行われたかについて把握する。そして

掘削地の外観上の変化については、UAV 空中写真撮影や Google Earth Pro を用いた過去の航空写真によりどのような変化が起きたか調べる。また VRS 測量により砂州掘削直後から河床がどのように変化したかを調査する。

2.3 平面二次元河床変動解析による再現計算

掘削が行われた直後の地形を iRIC Nays2DH 上で再現し、その後実際の洪水波形を与えることで、現実の地形変化を再現可能か、また瀬淵はどのように変化しているのかについて調査する。計算は条件を変えたいくつかのケースについて行う。ケース分けは流量、地形、用いる粒度分布の3つ用意した。再現時に用いた河床材料は基本的に H26 年度の河道特性調査による粒度分布を用いが、現地調査によって粒度分布調査をした地点に関しては現地調査結果を用いたものと、河道特性調査結果を用いたものの2パターンに分けて計算を行った。そして、地形については砂州掘削が行われた地形と行われなかった場合の地形の2つを用いた。

流量ハイドログラフを設定するにあたり、掘削後の流量変動のうち実際に河床変動に寄与する流量の範囲を特定するために、予備計算として固定床条件での多段階流量による計算を行う。

計算する流量については長良川忠節における2020年の平水流量である $61.18\text{m}^3/\text{s}$ を下限とし、上限は2022年度の最大流量と同程度の $2000\text{m}^3/\text{s}$ とした。この間を $100\text{m}^3/\text{s}$ ずつ流量を段階的に引き上げる形で予備計算を行った。各流量についての継続時間は5時間とした。また、計算を行う前に助走として平水流量を5時間流してから計算を行った。予備計算によって得られた掃流力をもとに動き出す土砂の粒径を算出する。予備計算の結果を踏まえ設定したケース分けについて表 2.3.1 に示す。

表 2.3.1 再現計算ケースの一覧

ケース 111	流量 $500\text{m}^3/\text{s}$ 砂州掘削有 現地粒度分布適用	ケース 211	流量 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 砂州掘削有 現地粒度分布適用
ケース 112	流量 $500\text{m}^3/\text{s}$ 砂州掘削有 H26 年度河道特性 調査のみ	ケース 212	流量 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 砂州掘削有 H26 年度河道特性 調査のみ
ケース 121	流量 $500\text{m}^3/\text{s}$ 砂州掘削無 現地粒度分布適用	ケース 221	流量 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 砂州掘削無 現地粒度分布適用
ケース 122	流量 $500\text{m}^3/\text{s}$ 砂州掘削無 H26 年度河道特性 調査のみ	ケース 222	流量 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 砂州掘削無 H26 年度河道特性 調査のみ

予備計算において土砂粒径の算定に使用する式は以下のとおりである。

$$d = \frac{\tau}{\tau_* \rho_s g} \quad (1)$$

ここで、 d ：土砂の粒径(mm)， τ ：掃流力(N/m²)， τ_* ：無次元掃流力， s ：土砂の水中比重である。

3. 結果・考察

3.1 モニタリング調査結果

調査地について令和3年度の掘削直後の地形から令和4年11月18日までの期間に生じた河床高の変化量についてQGIS上で図化したものを図3.1.1、図3.1.2に示す。

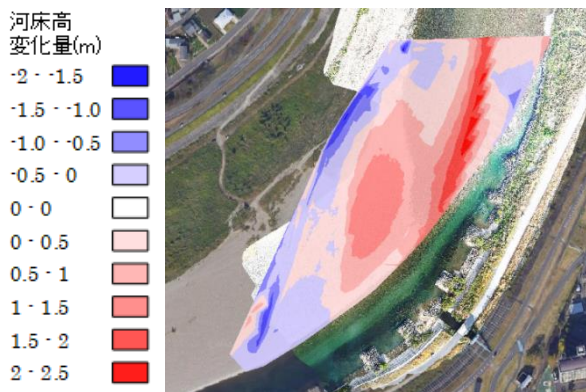


図 3.1.1 大縄場大橋下流部における河床高の変化

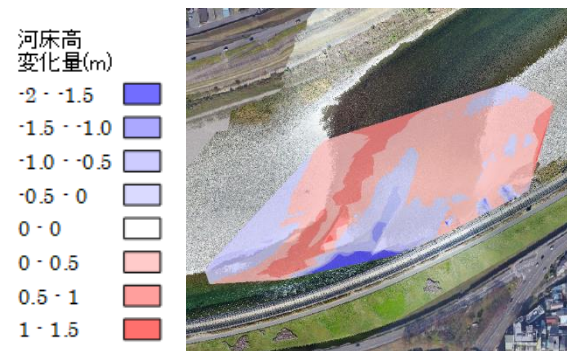


図 3.1.2 金華橋下流部における河床高の変化

UAV 空中写真撮影については、河道掘削がおこなわれたことで流路が大幅に拡大したことが見て取れた。また、その後の変化については両方の調査地において中州が形成されたことが確認できた。これについては掘削により急激に流路が大きくなることで掃流力が減少し、土砂が堆積しやすい場所になっていたことが要因として考えられる。また、大縄場大橋下流部については6/23の撮影時点で中州が形成されその後徐々に中州が拡大する様子が確認できた。砂州の拡大については一度中州が形成されることで、中州の上流側において掃流力がさらに減少することが考えられ、それにより上流側に徐々に土砂が堆積した結果であると予想される。

3.2 平面二次元河床変動解析による再現計算結果

再現計算の結果より、それぞれの調査地における標高の計算値と実測値の関係を大縄場大橋下流部は図3.2.1に、金華橋下流部は図3.2.2に示す。図

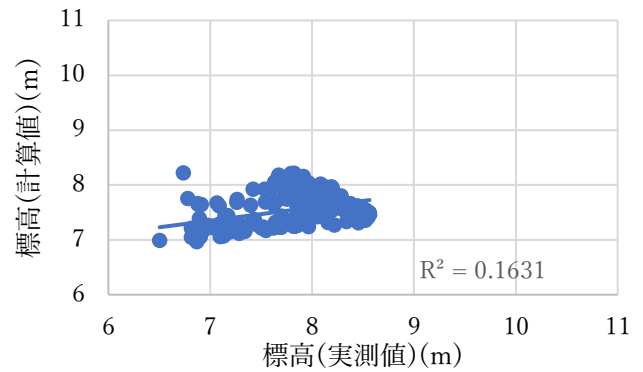


図 3.2.1 標高の計算値と実測値の関係

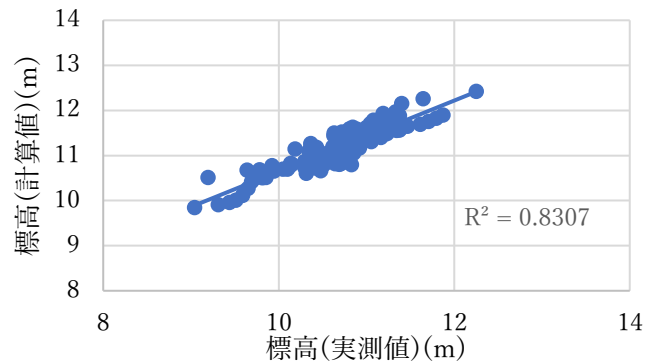


図 3.2.2 標高の計算値と実測値の関係

に示したものはどちらの調査地においても最も高い相関が得られたケース 211 の計算結果である。

それぞれの相関係数は大縄場大橋下流部では0.40、金華橋下流部は0.91でありどちらも計算値と実測値に関係があることが分かった。しかし、大縄場大橋下流部についてはやや相関がある程度であったがこれについてはモデルに入っている橋脚が影響していると考えられる。このモデル上では橋脚は長方形で表現されており実際よりもかなり抵抗が大きい。この調査地はどちらも橋の下流部にあるが、橋脚の数が大縄場大橋の方が多いため、この影響が大きく出ており、実際よりも上流側で土砂が堆積した可能性が考えられる。また、500m³/s以上よりも1000m³/s以上の流量について計算した場合の方が相関係数が大きかった理由については考察を必要がある。

4. まとめ

モニタリング調査により、砂州掘削がされた場所では1年弱で大きな地形変化が生じていることが分かった。再現計算では場所により強い相関がみられる場所があったが、一部であるので掘削前に掘削後の地形を予測するにはケースを増やして再度計算を行うなど検討を続けていく必要がある。

【参考文献】

- 1)原田, 萱場：河道の限界—治水と環境が調和した持続可能な河道についての一考察, 河川技術論文集第28巻, pp451-456, 2022.
- 2)原田, 平野：幅広い流況化における砂州動態を記述するための流量指標, 河川技術論文集, 第27巻, pp439-444, 2021.6